

# 1 Καρδιακές αρρυθμίες και διαταραχές αγωγιμότητας

*Karen J. Beckman και Ralph Lazzara*

---

## Αντικειμενικοί σκοποί

Μετά το πέρας της μελέτης αυτού του κεφαλαίου πρέπει να είστε σε θέση:

Να κατανοείτε τους τρεις μηχανισμούς των ταχυαρρυθμιών.

Να κατανοείτε τους μηχανισμούς των βραδυαρρυθμιών.

Να κατανοείτε τους τύπους των κλινικών αρρυθμιών.

Να κατανοείτε τη θεραπεία των κλινικών αρρυθμιών.

---

## Κανονική ηλεκτροφυσιολογία της καρδιάς

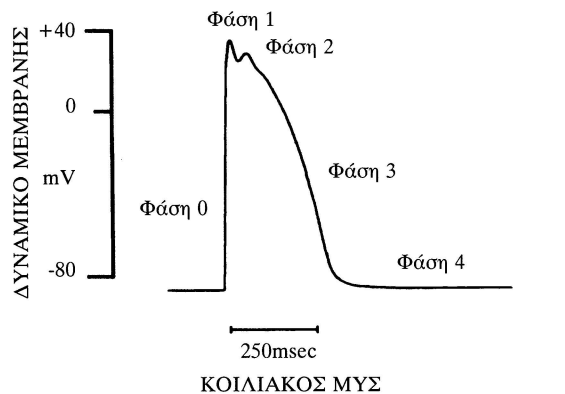
### Κατάσταση ηρεμίας

Η κίνηση των ιόντων μέσω των καρδιακών κυτταρικών μεμβρανών μπορεί να μετρείται σαν μεταβολές του δυναμικού στο χρόνο που αναπαριστώνται με δυναμικά ενεργείας (Εικ. 1-1). Τα διαμεμβρανικά δυναμικά τάσεως των καρδιακών κυττάρων προσδιορίζονται με βάση τη διαπερατότητα της μεμβράνης σε ειδικά ιόντα και με τις διαφορές στις συγκεντρώσεις συγκεκριμένων ιόντων στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κυττάρου. Σε κατάσταση ηρεμίας η μεμβράνη είναι πολύ διαπερατή στο κάλιο σε σύγκριση με τα άλλα κύρια είδη ιόντων (νάτριο, ασβέστιο, χλώριο, διττανθρακικά και μαγνήσιο). Η συγκέντρωση του καλίου είναι πιο μεγάλη μέσα στο κύτταρο παρά έξω, προκαλώντας έτσι μια χημική κλίση εκατέρωθεν της μεμβράνης που στοχεύει στο να

οδηγήσει κάλιο έξω από το κύτταρο και να προκαλέσει μια αντίθετη κλίση ηλεκτρικού δυναμικού για να διατηρηθεί το κάλιο στο κύτταρο. Επειδή το κάλιο είναι ένα θετικά φορτισμένο ιόν, το ηλεκτρικό δυναμικό που απαιτείται για να κρατηθεί αυτό το ιόν μέσα στο κύτταρο είναι ένα αρνητικό δυναμικό. Έτσι κατά τη διάρκεια της ηρεμίας το ενδοκυττάριο διαμέρισμα έχει μια αρνητική τάση (κατά προσέγγιση  $-50\text{mV}$ ) σε σύγκριση με το εξωκυττάριο διαμέρισμα –το αποκαλούμενο δυναμικό ηρεμίας. Το κύτταρο ευρίσκεται σε δυναμικό ηρεμίας κατά τη διάρκεια 4 του δυναμικού δράσης (βλέπε Εικ. 1-1).

### Εκπόλωση (διέγερση) και διάδοση

Όταν ένα κύτταρο είναι διεγερμένο παρατηρείται μια αξιοσημείωτη αλλαγή στη διαπερατότητα: η μεμβράνη γίνεται παροδικά περισσότερο διαπερατή στο νάτριο και αυτό οφείλεται στο άνοιγμα των διαύλων των ιόντων, που καλούνται ταχείς δίαυλοι και είναι σχετικά εκλεκτικοί για το



**Εικόνα 1-1** Δυναμικό ενεργείας ενός μυοκαρδιακού κυττάρου. Το δυναμικό ενεργείας διαιρείται σε πέντε φάσεις. Φάση 0 είναι η (μέγιστη τιμή δυναμικού) εξακόντιση και αντιστοιχεί στη διέγερση του κυττάρου. Φάσεις 1, 2 και 3 είναι όλες φάσεις επαναπόλωσης. Φάση 4 είναι το στάδιο ηρεμίας.

νάτριο. Επειδή το νάτριο ανευρίσκεται σε σχετικά μεγάλη συγκέντρωση έξω από το κύτταρο και είναι ένα θετικά φορτισμένο ιόν, η αύξηση στη διαπερατότητα του νατρίου οδηγεί σε μια έντονη παροδική ροή των ιόντων νατρίου μέσα στο κύτταρο (προς τα μέσα ρεύμα) και σε μια μεταβολή στο δυναμικό της μεμβράνης προς τη θετική κατεύθυνση, προκαλώντας έτσι μια προς τα πάνω κίνηση με μακρά προσεγείωση στα +30mV (φάση 0 του δυναμικού ενεργείας). Η διαδικασία της διέγερσης πραγματοποιείται όταν το διαμεμβρανικό δυναμικό στην κατάσταση ηρεμίας μετεβλήθη κατά προσέγγιση στα -60mV, ένα επίπεδο που καλείται δυναμικό ουδού. Η αλλαγή αυτή μπορεί να συμβεί είτε εξαιτίας διόδου ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της μεμβράνης είτε λόγω μηχανικής παραμόρφωσης της μεμβράνης. Κατά τη διάρκεια της φυσικής διάδοσης, η μεταβολή από την κατάσταση ηρεμίας στον ουδό δυναμικού πραγματοποιείται εξαιτίας της ροής ρεύματος που γεννιέται από τη διαφορά στο εσωτερικό δυναμικό μεταξύ ενός κυττάρου, που έχει διεγερθεί στο επίπεδο των +30mV, και ενός άλλου κυττάρου σε κατάσταση ηρεμίας σε επίπεδο -90mV. Το ρεύμα ρέει μέσω του εσωτερικού του κυττάρου και μέσω

των μεμβρανών εξαιτίας αυτής της κλίσης δυναμικού. Έτσι η πορεία της διάδοσης εξαρτάται από τη δίοδο του ρεύματος μεταξύ διεγερμένων κυττάρων και κυττάρων σε κατάσταση ηρεμίας. Επιπρόσθετα, όλα τα καρδιακά κύτταρα είναι συνδεδεμένα μεταξύ των αποτελώντας ένα λειτουργικό συγκύτιο, έχοντας μεταξύ των διασυνδέσεις χαμηλής αντίστασης που καλούνται εμβόλιμοι δίσκοι και μέσω των οποίων το ρεύμα διέρχεται σχετικά ευκολότερα. Υπάρχουν περισσότεροι εμβόλιμοι δίσκοι στα τελικά άκρα των μυοκαρδιακών ινών παρά στις πλευρικές επιφάνειές τους. Επομένως, η αγωγιμότητα προχωρεί περισσότερο εύκολα στην κατά μήκος κατεύθυνση παρά στην εγκάρσια κατεύθυνση (ομοιόμορφη ανισοτροπία).

### Επαναπόλωση

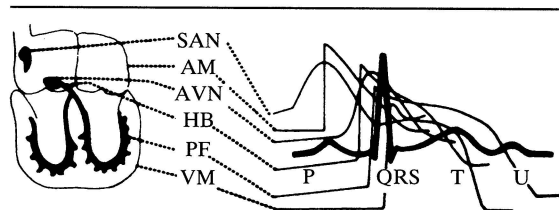
Αφότου ένα κύτταρο έχει διεγερθεί, επισυμβαίνει μια σειρά αλλαγών στις διαπερατότητες ιόντων. Μια αύξηση στη διαπερατότητα του ασβεστίου προκαλείται από το άνοιγμα διαύλων που καλούνται βραδείς διαύλοι και που είναι σχετικά εκλεκτικοί για το ασβέστιο. Το άνοιγμα των βραδέων διαύλων προκαλεί μια προς τα έξω ροή ιόντων ασβεστίου επειδή το ασβέστιο ανευρίσκεται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο εξωτερικό σε σύγκριση με το εσωτερικό του κυττάρου. Η βραδεία προς τα μέσα ροή του ασβεστίου αρχίζει κοντά στο τέλος της φάσης εξακόντισης (μέγιστη τιμή δυναμικού), κορυφώνεται ακριβώς μετά την εξακόντιση (φάση 1 του δυναμικού δράσης) και παραμένει σε μια χαμηλή ένταση κατά τη διάρκεια της φάσης οροπιδίου (φάση 2 του δυναμικού ενεργείας). Κατά τη διάρκεια της φάσης οροπιδίου παρατηρείται μια βαθμιαία αύξηση στη διαπερατότητα του καλίου που οφείλεται στο άνοιγμα εκλεκτικών διαύλων καλίου και ξεκινείται σε επαρκή ένταση για να αρχίσει έτσι η ταχεία επαναπόλωση (φάση 3). Η προς τα έξω ροή των θετικών ιόντων καλίου είναι κατά πολύ υπεύθυνη για την επαναφορά της μεμβράνης στην κατάσταση του αρνητικού δυναμικού ηρεμίας (φάση 4).

Τα κύτταρα του μυοκαρδίου είναι ανερέθιστα για ορισμένη χρονική περίοδο μετά την αποπόλωση. Η ανερέθιστη περίοδος αντιστοιχεί κατά προσέγγιση στη διάρκεια του δυναμικού ενεργείας.

γείας. Η απόλυτη ανερέθιστη περίοδος συμβαίνει από τη στιγμή της εξακόντισης (μέγιστη τιμή δυναμικού), μέχρι τη χρονική στιγμή που το δυναμικό της μεμβράνης έχει επαναπολωθεί στο επίπεδο του ουδού του δυναμικού. Η σχετική ανερέθιστη περίοδος αντιστοιχεί στο χρόνο που το δυναμικό της μεμβράνης επαναπολύται από το επίπεδο του ουδού του δυναμικού στο επίπεδο του δυναμικού ηρεμίας. Κατά τη διάρκεια της απόλυτης ανερέθιστης περιόδου, κανένα ερέθισμα δεν μπορεί να διεγείρει τα καρδιακά κύτταρα. Κατά τη διάρκεια της σχετικής ανερέθιστης περιόδου, απαιτείται ένα ερέθισμα μεγαλύτερης έντασης από το σύνηθες για να διεγερθεί η μυοκαρδιακή ίνα ενώ η ταχύτητα εξακόντισης (μέγιστη τιμή δυναμικού) και η ισχύς είναι ελαττωμένα προκαλώντας ένα χαμηλής αγωγιμότητας δυναμικό ενεργείας. Μετά την επιστροφή του στην κατάσταση ηρεμίας, το σύνηθες μυοκαρδιακό κύτταρο θα παραμείνει σε σταθερή κατάσταση μέχρις ότου προκληθεί ένα ρεύμα διέγερσης από ένα κύτταρο που συνδέεται με αυτό. Σε ορισμένα καρδιακά κύτταρα, όπως τα κύτταρα του κολποκοιλιακού κόμβου, η ανερέθιστη περίοδος διαρκεί περισσότερο από τη διάρκεια του δυναμικού ενεργείας και το κύτταρο είναι ανερέθιστο κατά τη διάρκεια της διαστολής. Είναι πλεονεκτικό για τον κολποκοιλιακό κόμβο να έχει μια μακρά ανερέθιστη περίοδο για να προστατεύει έτσι τις κοιλίες σε περίπτωση υπερβολικά ταχέων κολπικών ρυθμών. Σε μια τέτοια περίπτωση όλες οι κολπικές ώσεις δεν είναι ικανές να διέλθουν από τον κολποκοιλιακό κόμβο εξαιτίας της μεγαλύτερης ανερέθιστου περιόδου των κυττάρων του.

### Εξειδικευμένο σύστημα αγωγιμότητας

Επιπρόσθετα προς τα εργαζόμενα μυοκαρδιακά κύτταρα των κόλπων και των κοιλιών, υπάρχουν εξειδικευμένα κύτταρα που όλα μαζί αποτελούν το σύστημα παραγωγής και αγωγής των διεγέρσεων: ο φλεβόκομβος, ο κολποκοιλιακός κόμβος, το δεμάτιο του His, οι κλάδοι του δεματίου και το δίκτυο των ινών του Purkinje (Εικ. 1-2). Τα κύτταρα σε αυτό το σύστημα έχουν την ικανότητα να δημιουργούν ένα ενεργό δυναμικό εξ αρχής. Αυτό το στοιχείο είναι που προκαλείται ενεργά δυναμικά χωρίς να υπάρχει διεγερτικό ερέθισμα από ένα



**Εικόνα 1-2** Το εξειδικευμένο σύστημα αγωγής. Η εικόνα στα αριστερά είναι ένα σχηματικό ιχνογράφημα της καρδιάς δείχνοντας την ανατομική τοποθέτηση του φλεβόκομβου, του κολπικού μυοκαρδίου (AM), του κολποκοιλιακού κόμβου (AVN), του δεματίου His (HB), των ινών του Purkinje (PF) και του κοιλιακού μυός (VM). Στα δεξιά είναι τα δυναμικά ενεργείας που καταγράφονται σε κάθε θέση. Σημειώστε ότι τα δυναμικά αυτά είναι όλα διαφορετικά, αντανακλώντας τις διαφορετικές ηλεκτροφυσιολογικές λειτουργίες διαφορετικών τύπων κυττάρων. Οι παχιές γραμμές δείχνουν μια σχηματική ιχνογραφία ενός ΗΚΓ που καταγράφηκε από το δέρμα. Το κύμα P, το σύμπλεγμα QRS και τα T και U κύματα αντιστοιχούν σε κολπική εκπόλωση, κοιλιακή εκπόλωση και κοιλιακή επαναπόλωση. (Ανατυπωμένο με την άδεια από: Kaufman CE και Rapper S. Αναθεώρηση της Παθοφυσιολογίας, Βοστόν: Little, Brown, 1983 σελ. 17).

άλλο παραπλήσιο κύτταρο. Αυτή η ιδιότητα καλείται αυτοματία και είναι το αποτέλεσμα μιας βραδείας, βαθμιαίας επαναπόλωσης του δυναμικού της μεμβράνης κατά τη διάρκεια της φάσης 4 του δυναμικού ενεργείας. Η βάση αυτής της επαναπόλωσης δεν είναι τελείως κατανοητή αλλά φαίνεται ότι οφείλεται στο άνοιγμα των μη εκλεκτικών διαύλων κατιόντων που προκαλεί ένα προς τα μέσα αποπολωτικό (εκπολωτικό) ρεύμα θετικών ιόντων. Άλλα προς τα εντός ρεύματα, όπως το ρεύμα ασβεστίου, εμπλέκονται επίσης. Όταν το δυναμικό της μεμβράνης παρασύρεται προς τον ουδό του δυναμικού (-60mV), τότε το δυναμικό στο οποίο οι ταχείς διάυλοι ανοίγουν, θα οδηγήσει σε εκπόλωση του κυττάρου. Η συχνότητα της διαστολικής εκπόλωσης είναι το κύριο προσδιοριστικό στοιχείο της συχνότητας πυροδότησης των κυττάρων του ηλεκτρικού βηματοδότη. Έτσι ο φλεβόκομβος είναι ο βηματοδότης της καρδιάς επειδή αυτός έχει τον πιο ταχύ ρυθμό (συχνότητα) διαστολικής εκπόλωσης και επομένως και την πιο ουσιαστική αυτοματία. Μετά το

φλεβόκομβο, ο κολποκοιλιακός κόμβος έχει τη μεγαλύτερη βαθμού αυτοματία, ακολουθούμενος από τους κλάδους του δεματίου, το δεμάτιο His και το δίκτυο των ινών του Purkinje.

Επιπρόσθετα προς τη λειτουργία του βηματοδότη, τα εξειδικευμένα κύτταρα αγωγιμότητας έχουν και άλλες ειδικές ιδιότητες εξαρτώμενες από τη θέση τους. Στους πιο πολλούς ανθρώπους υπάρχουν δυο δρόμοι από τον κόλπο προς τον κολποκοιλιακό κόμβο προσθίως που έχουν ιδιότητες ταχείας αγωγιμότητας. Υπάρχει όμως και μία άλλη οδός βραδείας αγωγιμότητας που πορεύεται προς τον κολποκοιλιακό κόμβο όπισθεν και έχει ιδιότητες βραδύτερης αγωγιμότητας καθώς και μια βραχύτερη ανερέθιστη περίοδο. Τα κύτταρα του κολποκοιλιακού κόμβου είναι εξειδικευμένα και εμφανίζουν αγωγιμότητα. Μερικοί παράγοντες συνεισφέρουν σε αυτό το χαρακτηριστικό. Τα κύτταρα του κολποκοιλιακού κόμβου είναι μικρά σε διάμετρο και παρουσιάζουν περιστροφική διευθέτηση. Η εκπόλωση των διαύλων του κολποκοιλιακού κόμβου οφείλεται στο άνοιγμα των διαύλων που μεταφέρουν βραδέως τα ιόντα ασβεστίου προς τα μέσα. Η βραδεία αυτή αγωγιμότητα του ασβεστίου προς τα μέσα οδηγεί στην πρόκληση δυναμικού ενεργείας που έχει βραδεία (μέγιστη τιμή δυναμικού) ταχύτητα εξακόντισης. Αντίθετα οι κλάδοι του δεματίου του His και το υποενδοκάρδιο δίκτυο των ινών του Purkinje είναι εξειδικευμένα για ταχεία αγωγιμότητα και για ταχεία διάδοση της ώσης μέσω του μυοκαρδίου των κοιλιών. Τα κύτταρα αυτά έχουν μεγάλες διαμέτρους και φέρονται γραμμικά, παράλληλα σαν καλώδια. Αυτά τα κύτταρα εκπολώνονται με το άνοιγμα των ταχέων διαύλων νατρίου, που οδηγεί σε ταχείες (μέγιστη τιμή δυναμικού) ταχύτητες εξακόντισης. Φυσιολογικά, η μόνη ηλεκτρική σύνδεση των κόλπων προς τις κοιλίες είναι η μέσω του κολποκοιλιακού κόμβου, του δεματίου του His και των κλάδων του δεματίου. Το δεμάτιο His και τα ανώτερα μέρη των κλάδων του δεν συνδέονται κατευθείαν με τα γειτονικά μυοκαρδιακά κύτταρα, επειδή περιβάλλονται από μια ινώδη θήκη που δεν άγει τις ηλεκτρικές ώσεις. Έτσι διακοπή του ερεθίσματος στον κολποκοιλιακό κόμβο ή στο δεμάτιο του His θα προλάβει την είσοδο της ώσης στο κοιλιακό μυοκάρδιο. Άπαξ και η ώση εισέλθει στο δίκτυο Purkinje τότε επει-

δή υπάρχουν πολλές συνδέσεις μεταξύ των κυττάρων του Purkinje και των μυοκαρδικών κυττάρων, η ώση θα εξελιχθεί.

### **Επιφανειακή Ηλεκτοκαρδιογραφία**

Εκτιμήσεις των φυσιολογικών και παθολογικών καρδιακών ρυθμών μπορεί να γίνουν καταγράφοντας τις εναλλαγές του δυναμικού κατά τη διάρκεια ολόκληρου του καρδιακού κύκλου από την επιφάνεια του σώματος. Αυτή η καταγραφή καλείται ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ). Η συσχέτιση των ηλεκτροκαρδιογραφικών σχημάτων προς τα ηλεκτροφυσιολογικά γεγονότα απεικονίζεται στην Εικ. 1-2. Το κύμα P είναι το δυναμικό που προκλήθηκε από την εκπόλωση του αριστερού και του δεξιού κόλπου. Το ρεύμα που γεννιέται από το φλεβόκομβο είναι πολύ μικρό για να εμφανιστεί στο ΗΚΓ επιφάνειας αλλά ο φλεβόκομβος εκπολώνεται ακριβώς πριν την εμφάνιση του P κύματος. Το επίπεδο τμήμα μεταξύ του κύματος P και της αρχής του QRS συμπλέγματος καλείται PR διάστημα και αναπαριστά το χρόνο αγωγής μέσω του κολποκοιλιακού κόμβου, του δεματίου του His και των κλάδων του δεματίου του His. Το ρεύμα που δημιουργήθηκε από αυτές τις δομές είναι επίσης μικρό για να εμφανιστεί στο ΗΚΓ. Το σύμπλεγμα QRS αντανάκλα την εκπόλωση των κοιλιών. Το κύμα T αντιστοιχεί στην επαναπόλωση των κοιλιών. Το κύμα U είναι επίσης πιθανόν ένα φαινόμενο επαναπόλωσης. Η εμφάνιση και ο χρόνος (χρονομέτρηση) των διαφόρων συστατικών του ΗΚΓ (ειδικά η συσχέτιση μεταξύ του κύματος P και του QRS συμπλέγματος) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να διαγνωσθούν διάφορα είδη αρρυθμιών.

### **Διαταραχές της ηλεκτροφυσιολογίας (Αρρυθμίες)**

Διαταραχές του διεγέρσιμου καρδιακού ιστού μπορεί να οδηγήσουν σε διαταραχές του καρδιακού ρυθμού που καλούνται αρρυθμίες ή δυσρυθμίες. Οι αρρυθμίες μπορεί να κάνουν την καρδιά να κτυπά είτε γρήγορα (ταχυκαρδία) είτε αργά

(βραδυκαρδία) ή κάποιες μπορεί να προκαλούν αιμοδυναμική αμηνανία ή θάνατο (Πίνακες 1-1 και 1-2). Η ταχυκαρδία που προέρχεται πλήρως από τις κοιλίες καλείται κοιλιακή ταχυκαρδία. Ταχυκαρδίες που προέρχονται ολοκληρωτικά ή κατά μέρος από υπερκείμενες των κοιλιών δομές καλούνται υπερκοιλιακές ταχυκαρδίες. Όλες οι αρρυθμίες (και οι ταχείες και οι βραδείες) προέρχονται από μία ή δύο αιτίες: διαταραχές στη γένεση ώσεων ή διαταραχές στη διάδοση των ώσεων.

## Βραδυκαρδία

### Ανεπάρκεια του βηματοδότη

Η ανεπάρκεια του βηματοδότη είναι μια διαταρα-

**Πίνακας 1-1** Τύποι βραδυκαρδίας

#### ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΦΛΕΒΟΚΟΜΒΟΥ

Φλεβοκομβική βραδυκαρδία  
Φλεβοκομβική παύση

#### ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ

1<sup>ο</sup> βαθμού κολποκοιλιακός αποκλεισμός  
2<sup>ο</sup> βαθμού κολποκοιλιακός αποκλεισμός τύπου I  
2<sup>ο</sup> βαθμού κολποκοιλιακός αποκλεισμός τύπου II  
3<sup>ο</sup> βαθμού κολποκοιλιακός αποκλεισμός (πλήρης)  
Αποκλεισμός κλάδου του δεματίου

**Πίνακας 1-2** Τύποι Ταχυκαρδίας

#### ΦΛΕΒΟΚΟΜΒΙΚΗ ΤΑΧΥΚΑΡΔΙΑ ΥΠΕΡΚΟΙΛΙΑΚΗ ΤΑΧΥΚΑΡΔΙΑ

Παροξυσμική υπερκοιλιακή ταχυκαρδία  
Φλεβοκομβική επανείσοδος  
Κολπική επανείσοδος  
Κολποκοιλιακού κόμβου επανείσοδος  
Κολποκοιλιακή επανείσοδος

Έκτοπη κολπική ταχυκαρδία

Κολπικός πτερυγισμός

Κολπική μαρμαρυγή

#### ΚΟΙΛΙΑΚΗ ΤΑΧΥΚΑΡΔΙΑ

Μονομορφική κοιλιακή ταχυκαρδία

Κλάδου δεματίου επανείσοδος

Ιδιοπαθής κοιλιακή ταχυκαρδία

Πολυμορφική κοιλιακή ταχυκαρδία

Torsade de pointes

Αμφίπλευρη κοιλιακή ταχυκαρδία

#### ΚΟΙΛΙΑΚΗ ΜΑΡΜΑΡΥΓΗ

χή στη γένεση των ώσεων. Η ηλικία, διάφορες νοσηρές καταστάσεις ή φάρμακα μπορεί να οδηγήσουν σε καταστολή της συχνότητας της διαστολικής εκπόλωσης του φλεβόκομβου που με τη σειρά της προκαλεί επιβράδυνση της καρδιακής συχνότητας (φλεβοκομβική βραδυκαρδία) καθώς επίσης είναι δυνατόν να απουσιάζει πλήρως η εκπόλωση (φλεβοκομβική παύση). Στην τελευταία περίπτωση βοηθητικοί βηματοδότες στον κόλπο, στον κολποκοιλιακό κόμβο ή στο δίκτυο των ινών Purkinje συνήθως αναλαμβάνουν την υπευθυνότητα για τη βηματοδότηση της καρδιάς. Αν δεν εμφανισθούν λανθάνοντες βηματοδότες, τότε η καρδιά δεν θα διεγείρεται ηλεκτρικά (ασυστολία) και έτσι η καρδιακή λειτουργία θα παύσει.

## Καρδιακός Αποκλεισμός

Αν γεννάται ώση στο φλεβόκομβο αλλά αποτυγχάνει η φυσιολογική αγωγή της προς τις κοιλίες, τότε το αποτέλεσμα είναι ο καρδιακός αποκλεισμός. Ο καρδιακός αποκλεισμός προκαλείται από αποτυχία της ηλεκτρικής ώσης να διαδοθεί φυσιολογικά μέσω του συστήματος αγωγής. Καρδιακός αποκλεισμός μπορεί να συμβεί στο επίπεδο του κολποκοιλιακού κόμβου, του δεματίου του His ή στο άνω σύστημα αγωγής (βλέπε Πιν. 1-1). Βοηθητικοί βηματοδότες κάτω από το επίπεδο του αποκλεισμού μπορεί να βοηθήσουν να παραχθεί ένας ρυθμός εκ διαφυγής. Όπως και στην περίπτωση ανεπαρκείας του βηματοδότη, ο καρδιακός αποκλεισμός μπορεί να προκληθεί από νόσο, από φάρμακα ή με την πάροδο της ηλικίας.

## Θεραπεία

Αν μια αναστρέψιμη αιτία βραδυκαρδίας (όπως τα φάρμακα) δεν μπορεί να αναγνωρισθεί, τότε η θεραπεία για συμπτωματική βραδυκαρδία (που οφείλεται είτε σε ανεπάρκεια του βηματοδότη είτε σε καρδιακό αποκλεισμό) είναι η εμφύτευση ενός τεχνητού ηλεκτρονικού βηματοδότη που διεγείρει ηλεκτρικά την καρδιά.

## Ταχυκαρδία

### Αυτοματία

**Αυξημένη Αυτοματία.** Αυξημένη αυτοματία